



**Kandidatarbeten
i Skogsvetenskap**
Fakulteten för skogsvetenskap

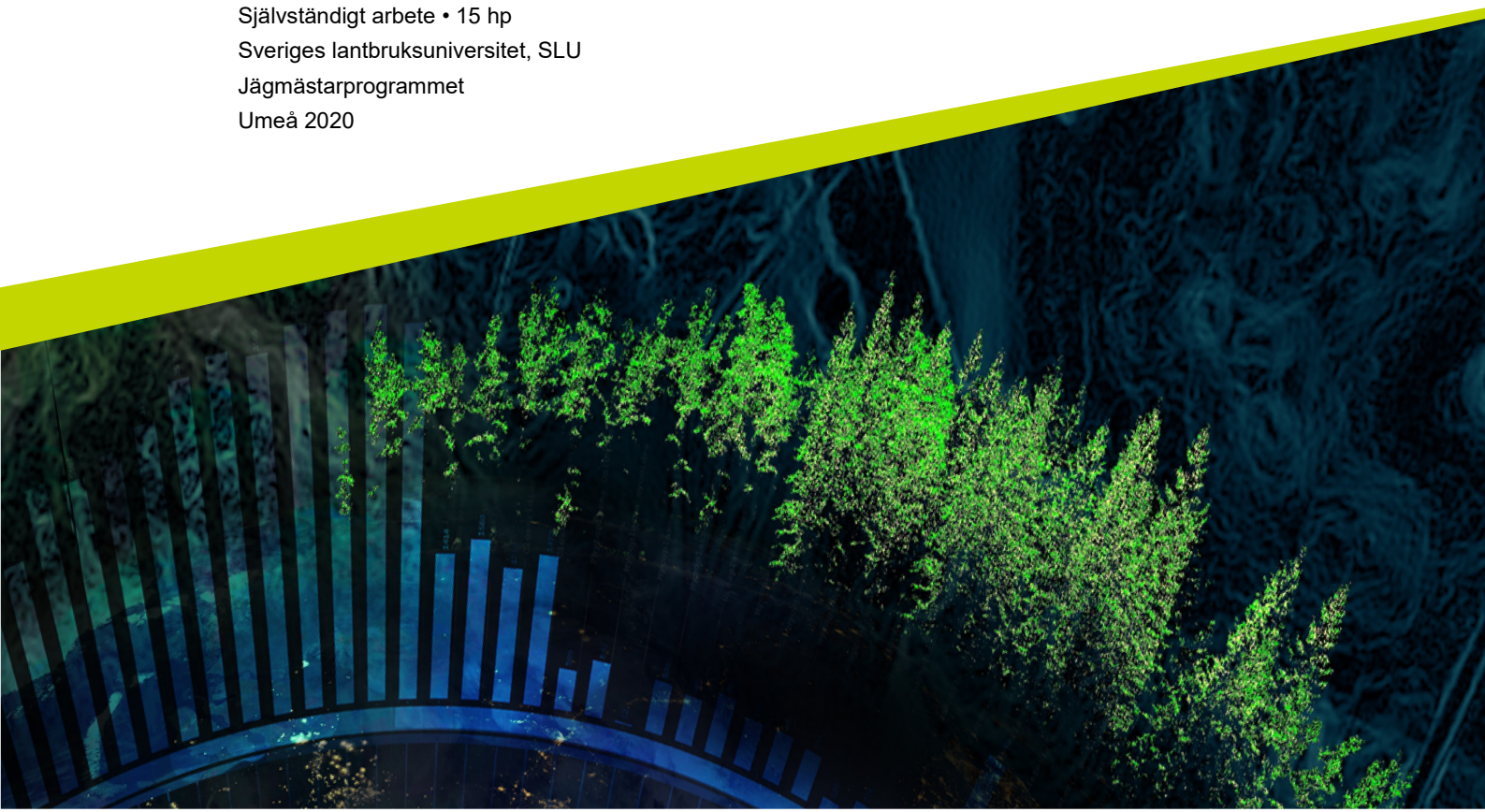
2020:14

Vindens effekt på stereofotogrammetrisk höjdmätning av träd med drönbilder

*The effect by wind on stereo photogrammetric height
measurement of tree height with drone images*

Erik Forslöv & Anders Rowell

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Jägmästarprogrammet
Umeå 2020



Vindens effekt på stereofotogrammetrisk höjdmätning av trädhöjd med drönarbilder

The effect by wind on stereo photogrammetric height measurement of tree height with drone images

Erik Forslöv & Anders Rowell

Handledare: Jonas Bohlin, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning Avdelningen för skoglig fjärranalys.
Examinator: Tommy Mörling, SLU, institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 HP
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0911
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Tommy Mörling

Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2020
Serietitel: Kandidatarbeten i Skogsvetenskap
Delnummer i serien: 2020:14

Nyckelord: Drönare, höjdmätning, träd, vind.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

SAMMANFATTNING

Syftet med studien är att vidare utforska hur vind kan påverka noggrannheten i höjdmätningar av trädtoppar med SFM från drönarbilder. I tidigare forskning har väderförhållandens påverkan på datakvaliteten av SFM med drönare undersökts. En kunskapslucka som identifierats i forskningen var hur vind kan påverka noggrannheten i trädhöjdmätningen. Mätningarna utfördes med drönaren DJI Phantom 4 RTK och punktmolnen har skapades med Agisoft Metashape Professional. Höjdmätningen av träden i studien gjordes genom att ta skillnaden i z-led mellan punkten från trädtoppen och markhöjden i lantmäteriets markmodell.

Det gick att urskilja en statistiskt signifikant skillnad mellan de trädhöjder som uppmättes vid vindstilla väderförhållanden och de trädhöjder som uppmättes vid 5,5 m/s, med ett vindmax på 13,1 m/s. Däremot kunde det inte urskiljas någon statistik signifikant skillnad mot det försök som gjordes vid 4,2 m/s med ett vindmax på 8,1 m/s. Det går inte utifrån resultatet att säga vid vilken vindstyrka den här skillnaden uppstår, utan mer omfattande studier behövs för att identifiera när skillnaden uppstår.

Det gick även att urskilja en statistiskt signifikant skillnad mellan de trädhöjdsdifferenser två försök hade till det vindstilla försöket trots samma vindförhållande. Detta pekar på en osäkerhet i hur mycket vinden påverkar den data som erhålls från stereomatchade bilder från drönare. Det skulle behövas mer omfattande studier för att fastställa hur stor osäkerheten är och när den uppstår.

Nyckelord: *Drönare, höjdmätning, träd, vind*

ABSTRACT

This study aims to investigate how wind can affect the accuracy of tree height measurements with SFM from drone images. Previous research has investigated how weather conditions influence data of this kind. A gap in knowledge that has been identified is how wind can affect the accuracy of tree height measurements with SFM. The measurements presented in this report were carried out by a DJI Phantom 4 RTK and the point clouds were created using Agisoft Metashape Professional. The tree height measurements were produced through the measurement distance in the z-axis between the highest point in the treetop and the DEM.

A statistically significant difference could be seen between the tree height measured at little to none wind and the tree height measured at a wind speed of 5,5 m/s with a maximum speed at 13,1 m/s. However, this difference could not be seen in the trial that was performed at 4,2 m/s (highest recorded windspeed at 13,1 m/s). One cannot from the results in the study pinpoint when the difference in measurement takes place. Further and more extensive studies will have to be performed to fill these gaps of knowledge.

There could also be seen a statistically significant difference between the differences in tree height two of the trials had towards the trial without wind even if these two were measured at the same wind conditions. This points at an uncertainty in how much wind effects the data produces from stereo matched photos taken by a drone. Also, this should be more thoroughly investigated to determine just when this uncertainty appears and how big it is.

Keywords: *drone, height measurements, trees, wind*

FÖRORD

Den här studien genomfördes som ett kandidatarbete på 15 högskolepoäng för Institutionen för skoglig resurshushållning vid Sverige lantbruksuniversitet, Umeå. Vi skulle vilja tacka vår handledare Jonas Bohlin för all den handledning han gett oss under den här arbetsprocessen. Det har dessutom varit till en stor nytta för oss att använda de resurser som finns att tillgå i Ljungbergslaboratoriet. Tack till Hilda Edlund för den hjälp vi fick i statistiska analyser. Vi vill även ägna ett tack till Kenneth Olofsson för att han tog sig tid att visa hur en använder en marklaser även om den senare inte användes. Tack till Albin Bjärhall för trevligt sällskap i Ljungbergslaboratoriet.

Ett sista tack går till Mika Wiklunds språkverkstad som kvalitetssäkrat vårt kandidatarbetes språkliga form.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	10
Ordförklaring	11
1. Inledning	12
2. Material & metod	15
2.1. Insamling av data	15
2.2. Databearbetning	16
2.3. Analysmetod	17
3. Resultat	19
3.1. Vindstyrka	19
3.2. Vindbyar	21
4. Diskussion	22
4.1. Försöksdesign	22
4.2. Väderfaktorer	23
4.2.1. Vindexponering	24
4.2.2. Vindbyar	24
4.3. Slutsatser	25
Referenser	26
Bilaga 1	28

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1 Sammanställning av väderdata, datum 2020-02-28, 2020-03-16 & 2020-03-28, där både försök 2 och 3 utnyttjade samma väderdata från 2020-03-28.	16
Tabell 2. Differenserna mellan trädhöjderna från försök 0 och de uppmätta trädhöjderna från försök 1, 2 ,3 jämfördes via statistisk inferens samt dess RMSE, vindstyrka och vindmax presenteras även för att visa på det samband som finns mellan vind och noggrannhet.....	21
Tabell 3. Tabellen visar RMSE från två försök som är gjorda på samma plats med tio minuters mellanrum. Inferensen jämför om differensen mellan dessa två mätningars differens till försök noll är statistiskt signifikant, samt visar den deras RMSE.....	21

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1. Polygonen som bildas mellan de rosa cirkarna är den yta som avsågs att bygga en modell av och det gula strecket i parallella linjer visar flygrutten. De röda markeringarna visar vart provytorna befinner sig.15

Figur 2 Exempel på deformerade trädkronor, till vänster vindstilla och till höger vindstyrka 5,7 m/s (Vindmax 12,5 m/s).20

Figur 3 Exempel på ett "spökträd" mellan två toppar ser det ut som att det finns ett tredje träd, till vänster vindstilla och till höger vindstyrka 5,7 m/s (Vindmax 12,5 m/s).20

Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SFM	Structure From Motion (bildbehandlingsalgoritm)
LMV- metoden	Lantmäteriverket-metoden
LiDAR	Light Detection and Ranging
GNSS	Global Navigation Satellite System

Ordförklaring

Vindstyrka	Medelvindhastighet inom ett tidsspann.
Vindmax	Maximalt uppmätta vindhastigheten under den observerade timman.

1. INLEDNING

Fjärranalys är ett brett vetenskapsområde som avser att analysera och samla in data om objekt i verkligheten utan att vara i kontakt med själva objektet (Nämnden för skoglig fjärranalys 1993). Insamlandet av data kan ske från t.ex. flygplan, satelliter och drönare vilket registreras med olika sensorer som hämtar information från verkligheten (Ljunbergskompendiet kap 1). Inom fjärranalys är de vanligaste användningsområdena för den data som samlas in skog- och jordbruk, geologi, kartering, samt kartläggning av naturtillgångar och klimatförändringar på global och nationell nivå (Nationalencyklopedin 2020).

Skogsbruket har sedan 1930 tillämpat fjärranalys som metod genom flygfotografering (Lantmäteriet 2020). Flygbilderna har länge använts till att kartera, dela in avdelningar och skatta skogliga variabler (Ljunbergskompendiet kap 1). Skattningarna gjordes redan på 1980-talet med LMV-metoden. Idag har LMV-metoden fasats ut och man tolkar bilderna med större noggrannhet digitalt i punktmoln från stereofotogrammetri (Ljunbergskompendiet kap 1).

Höjdmätning med stereofotogrammetri kräver en markmodell för att skatta skogliga variabler. Något som förbättrade skattningarna från flygbilderna var den flygburna laserskanningen som genomfördes av lantmäteriet mellan 2009–2016 (Nordqvist m.fl. 2013). Laserskanningen gav en betydligt bättre markmodell än de som tidigare använts vid skattningar med stereofotogrammetri (Skogforsk 2018). Till följd av den flygburna laserskanningen ger flygfoton idag en bra skattning av bestånd, givet att skördardata eller annan fältinventering finns från området (Skogforsk 2018).

Inom skogsbruket kan drönare bland annat användas till att få en överblick av biotiska och abiotiska skador, mäta krontakshöjden, skogsbruksplanläggning, (Tang, L. & Shao, G. 2015) samt fastställa skogliga variabler (Skogsstyrelsen 2019) (Puliti m.fl. 2015). Inom skogsbranschen är användandet av drönare fortfarande i en experimentell fas, men användningssätt samt användningsområdena för drönarna väntas öka snabbt (Tang, L. & Shao, G. 2015). En annan aspekt som talar för en ökad användning av drönare i skogssektorn är att användandet har flera fördelar gentemot andra fjärranalystekniker. Fördelar med drönarna är t.ex. att de

är relativt lätta att ta med sig i fält, är kostnadseffektiva och producerar data med hög noggrannhet via objektiva mätningar (Banu m.fl. 2016).

SFM (Structure From Motion image processing algorithms) är ett sätt att skapa 3D-strukturer från stereofotogrammetri (Siebert, S. & Teizer, J. 2014). Stereofotogrammetri utnyttjar att objekt i en 2D-bild förskjuts mer och mer ju närmare kameran de befinner sig. Den här förskjutningen kan utnyttjas till att bedöma avstånd när minst två bilder tolkas, vilket möjliggör skapandet av 3D-strukturer från 2D-bilder (Ljungbergskompendiet kap 2). 3D-strukturerna skapas genom att programvaran hittar gemensamma punkter i flera överlappande bilder, och sätter dessa i relation till en känd GNSS-position för drönaren för varje bild. Från drönarens position går det att triangulera fram en xyz-koordinat för bildernas punktöverlapp. Genom koordinaterna som genereras skapar programvaran ett punktmoln som liknar punktmolnen som flygburen laserskanning genererar. SFM är ett intressant verktyg för skogssektorn då det kan vara billigare att montera en kamera på en drönare än att göra laserskanning från ett flygplan (Guerra-Hernández m.fl. 2018).

Det har tidigare studerats hur väderförhållanden påverkar datakvaliteten på SFM med drönare. Dandois m.fl. (2015) skrev en omfattande artikel där de presenterar data på hur olika flyghöjd, överlapp och väderförhållanden påverkar skattningar med SFM. I studien av Dandois m.fl. (2015) diskuteras ett antal felkällor relaterat till b.l.a. flyghöjd, överlapp, ljusförhållanden på dagen och vindstyrka. Av de vindrelaterade felkällorna diskuteras följande:

- Hur vindstyrkan skulle kunna påverka medelfelet vid tredimensionella punktmolnsmätningar och därmed minska tätheten av punktmolnen. Då trädtoppen rör sig skulle detta kunna leda till färre jämförelsepunkter mellan bilderna. Jämförelsepunkterna i stereomatchade bilder bör vara så lika som möjligt för att öka noggrannheten i mätningarna.
- Hur trädtoppens rörelse i x- och y-led pga. att vinden kan resultera i ett fel i uppmätt trädhöjd då toppen tolkas vara närmare eller längre bort i bilden. Detta kan påverka höjden även om det skulle ge lika många jämförelsepunkter mellan bilderna.
- Hur vindhastighet kan påverka batteritiden på drönaren, då den behöver jobba hårdare.
- Hur drönarens stabilitet kan påverkas av hårda vindar som i sin tur kan påverka kvalitén av punktmolnet.

Vindstyrkans påverkan identifieras som en kunskapslucka i artikeln av Dandois m.fl. (2015). Till följd av deras studie har vi tagit fram dessa frågeställningar med syftet att vidare utforska vindens påverkan på SFM:

- Kan vind påverka noggrannheten vid höjdmätning av trädktoppar med stereomatchade flygbilder från drönare?
- Om vinden påverkar höjdmätningen av trädktoppar med stereomatchade flygbilder från drönare, påverkar den alltid lika mycket vid likartade vindförhållanden?

Syftet med den här studien är att vidare utforska hur vind kan påverka noggrannheten i höjdmätningar av trädktoppar med SFM från drönarbilder. Den här studien skulle kunna peka ut en felkälla att beakta när trädhöjd mäts med drönare, nämligen vindhastighet. Ett mer kritiskt förhållningssätt där alla eventuella felkällor tas i beaktande kan vara ett sätt att förbättra säkerheten i höjdmodeller och mätning av trädhöjd med SFM.

2. MATERIAL & METOD

I detta avsnitt beskrivs den utrustning och programvara som använts i studien samt hur insamlingen av data, databearbetning och analysmetod har gått till.

2.1. Insamling av data

Insamlingen av data skedde på campusområdet för Umeå universitet och Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Två provytor med 30 träd vardera avgränsades för att analysera trädhöjden (mellan 15,7 m och 28,7 m i höjd) på 60 stycken granar se (Bilaga 1) rådatat för trädhöjder. Provytorna är inritade i figur 1 nedan med röd färg.



Figur 1. Polygonen som bildas mellan de rosa cirkelarna är den yta som avsågs att bygga en modell av och det gula strecket i parallella linjer visar flygrutten. De röda markeringarna visar vart provytorna befinner sig.

I den övre provytan står träden glesare, i den nedre provytan står träden tätare och är något lägre i höjd. De två provytorna valdes på grund av sina olika attribut i stammar per ha och höjd. Detta val gjordes i syfte att få mer variation i mätningarna och för att förbättra representationen av beståndet.

Vid insamling av data flögs alla fyra försök enligt en identisk färdigprogrammerad rutt, se figur 1, med drönaren DJI Phantom 4 RTK. Den första flygningens (försök 0) trädhöjder används under studien som referens för förväntad höjd och motsvarar vindstilla förhållanden. Medelvindstyrkan var 0,7 m/s vid försök 0, 4,2 m/s vid försök 1 och vid försök 2 samt försök 3 som utfördes under samma timme var vindstyrkan 5,7 m/s. Information om väderförhållandena finns i tabell 1 nedan. Informationen finns även mer utförligt på TFE:s väderstation (institutionen för tillämpad fysik och elektronik på Umeå Universitet).

Tabell 1 Sammanställning av väderdata, datum 2020-02-28, 2020-03-16 & 2020-03-28, där både försök 2 och 3 utnyttjade samma väderdata från 2020-03-28.

<i>Datum</i>	<i>Tid</i>	<i>Medelvindhastighet</i> (m/s)	<i>Vindmax</i> (m/s)	<i>Väder</i>
2020-02-28	13:00-14:00	0,7	1,8	Klart
2020-03-16	12:00-13:00	4,2	8,1	Klart
2020-03-28	12:00-13:00	5,7	12,5	Klart

Information om vindens hastighet hämtades från väderstationen på Institutionen för tillämpad fysik och elektronik på Umeå Universitet. Stationen är belägen cirka 200m från försöksytorna. Drönaren flög över området i parallella stråk med en flyghastighet på cirka 6 m/s och flögs på en höjd av 120 m. Bildöverlappet var 80% längs med och 80% tvärs mot flygrutten. Upplösningen på DJI Phantom 4 RTKs kamera är 5472 x 3648. Pixelstorleken vid mätningarna uppgick till 2.41 x 2.41 µm.

2.2. Databearbetning

För att bilda ett punktmoln från bilderna användes programvaran Agisoft Metashape Professional (64 bit). Genom triangulering skapas ett tredimensionellt punktmoln samtidigt som den geografiska positionen för punkterna skattas. För att ytterligare säkerställa den geografiska positionen använde drönaren RTK-GNSS som följde dess rörelser under flyguppdraget för att generera en mer exakt positionering av punktmolnen.

Höjden av träden definierades som skillnaden mellan högsta punkten i punktmolnet för det observerade trädet och markhöjden. Markhöjden definierades som den höjd marken har i Lantmäteriets höjdmodell (Höjddata, grid 2+). Trädhöjden mättes digitalt genom att en tredimensionell yta avgränsas manuellt för varje enskilt träd. Den högsta punkten i ytan definierades som högsta punkten för det observerade trädet. Punkten identifierades med ett verktyg som identifierade den högsta punkten

(z-led) inom den avgränsade ytan. X- och y-koordinaterna för den högsta punkten antecknades och det gjordes en punkt vid dessa koordinater i markmodellen. För att få ut höjden för det observerade trädet tas skillnaden i z-led mellan trädets högsta punkt och punkten i markmodellen för samma x- och y-koordinat.

2.3. Analysmetod

Bruset från vind vid försöken definierades som RMSE (Root Mean Square Error). RMSE för försök 1, 2 och 3 beräknades enligt formeln nedan.

$$\text{Meter RMSE} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Där,

$y = \text{träd}$

$i = i\text{:te trädet}$

$\hat{y}_i = \text{Förväntad höjd, höjden av det } i\text{:te trädet vid försök 0}$

$y_i = \text{Observerad höjd, höjden av det } i\text{:te trädet vid det } j\text{:te försöket}$

$n = \text{antalet träd i försöket}$

För att dra slutsatser om det fanns en statistisk signifikant skillnad i höjd mellan mätningarna utfördes statistisk inferens i programvaran Minitab 18. Metoden för detta var 1-sampel Wilcoxon, ett statistiskt test för parat ickeparametriskt data. Ett parat test användes eftersom det är samma individer med och utan vind (vilket kan ses som före och efter behandling). Icke parametriskt test valdes i och med att den uppmätta data vid försök 1 inte var normalfördelad. Hypoteserna som testades var:

- **H_0 :** Det finns ingen statistiskt signifikant skillnad i uppmätt höjd med fotogrammetriska modeller, gjorda med bilder från drönare i olika vindstyrkor.
- **H_A :** Det finns statistiskt signifikant skillnad i uppmätt höjd med fotogrammetriska modeller, gjorda med bilder från drönare i olika vindstyrkor.

- H_0 : Det finns ingen statistiskt signifikant skillnad i uppmätt höjd med fotogrammetriska modeller på grund av vind, gjorda med bilder från drönare i samma uppmätta vindstyrka.
- H_A : Det kan finnas statistiskt signifikant skillnad i uppmätt höjd med fotogrammetriska modeller på grund av vind, gjorda med bilder från drönare i samma uppmätta vindstyrka.

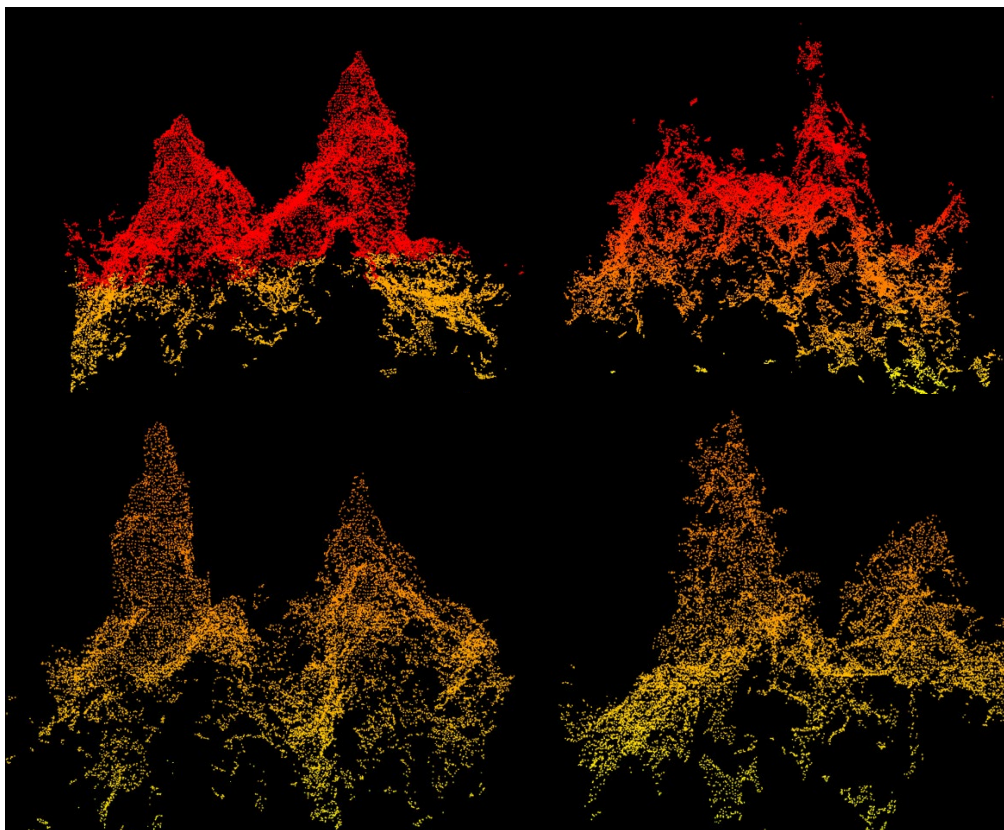
Testet gjordes på differenserna mellan höjdmätningarna i försök 0 och försök 1, försök 0 och försök 2 samt, försök 0 och försök 3. Testet gjordes även på differensen mellan de differenserna som blev mellan försök 0 och försök 2 samt försök 0 och försök 3. Detta i syfte att testa om det fanns någon statistisk skillnad mellan mätningarna.

3. RESULTAT

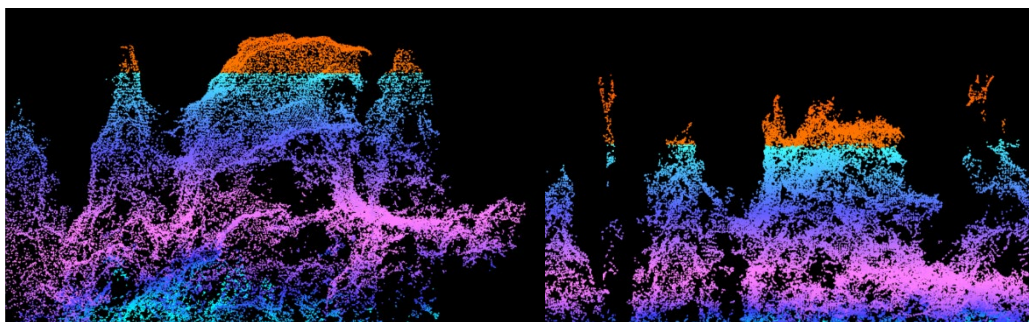
Nedan presenteras hur noggrannheten av tre höjdmätningar, med SFM från drönare, skiljer sig åt vid olika vindhastigheter, relaterat till en mätning som gjordes vid nära 0 m/s. Detta görs genom att presentera RMSE (Root mean square error) för de olika försöken, samt att med statistisk inferens visa att höjdmätningar på samma grupp individer kan skilja sig åt till följd av olika vindstyrkor. Inferensen visar även att data på samma individer med samma väderdata kan få varierande resultat.

3.1. Vindstyrka

Vid tillräckligt hög vindstyrka kan skillnader i punktmoln från SFM från drönare urskiljas. Träd med en tydlig kronstruktur kan vid hög vindstyrka byta form, se figur 2. Det vill säga att trädtopparna blir svåra att urskilja från varandra eller tappar höjd. Det kan även dyka upp jämförelsepunkter till "spökräd" som inte var där vid tidigare vindstilla mätning, se figur 3. Dessa skillnader i punktmolnen leder till att det blir svårare att urskilja individuella trädtoppar och att den uppmätta höjden kan skilja sig åt vid tillräckligt hög vindstyrka.



Figur 2 Exempel på deformerade trädkronor, till vänster vindstill och till höger vindstyrka 5,7 m/s (Vindmax 12,5 m/s).



Figur 3 Exempel på ett "spökräd" mellan två toppar ser det ut som att det finns ett tredje träd, till vänster vindstill och till höger vindstyrka 5,7 m/s (Vindmax 12,5 m/s).

Från den data som presenteras i tabellen nedan går det att se ett samband mellan vind och noggrannhet i höjdmätning med SFM från drönbilder. Skillnaderna mellan försök 0 och försök 1, 2 och 3 visar att vind kan påverka höjdmätning med SFM, men att den inte alltid gör det.

Tabell 2. Differenserna mellan trädhöjderna från försök 0 och de uppmätta trädhöjderna från försök 1, 2, 3 jämfördes via statistisk inferens samt dess RMSE, vindstyrka och vindmax presenteras även för att visa på det samband som finns mellan vind och noggrannhet.

	Vindstyrka (m/s)	Vindmax (m/s)	RMSE (m)	P-värde	$\alpha = 0,05$
Försök 0	0,7	1,8	-	-	-
Försök 1	4,2	8,1	0,50	0,182	Ej signifikant
Försök 2	5,7	12,5	1,30	0,00	Signifikant
Försök 3	5,7	12,5	0,90	0,00	Signifikant

Det går inte att från resultatet avgöra vid vilken vindstyrka det blir en signifikant skillnad i höjdmätningarna från SFM.

3.2. Vindbyar

Hur mycket en höjdmätning med SFM påverkas av vinden kan variera även vid ett och samma mättillfälle. Försök 2 och 3 är två dataset som samlades in under samma dag i direkt följd av varandra. Dessa två försök skiljer sig från försök 0, men de skiljer sig även från varandra. De differenser försök 2 och 3 uppvisar till försök 0 är statistiskt signifikant skilda ifrån varandra. Den maximalt uppmätta vindhastigheten vid tidpunkten för mätningarna var 12,5 m/s, alltså 6,8 m/s mer än medelhastigheten vid mättillfället. Data från försök 2 och 3 och deras skillnader presenteras nedan.

Tabell 3. Tabellen visar RMSE från två försök som är gjorda på samma plats med tio minuters mellanrum. Inferensen jämför om differensen mellan dessa två mätningars differens till försök noll är statistiskt signifikant, samt visar den deras RMSE.

	Datum	Klockslag	Vindstyrka (m/s)	Vindmax (m/s)	RMSE (m)	P- värde	$\alpha = 0,05$
Försök 2	2020-03-28	12:05-12:12	5,7	12,5	1,30	0,00	Signifikant
Försök 3	2020-03-28	12:18-12:25	5,7	12,5	0,90	0,00	Signifikant

Resultatet i tabellen pekar på en osäkerhet i hur mycket vinden påverkar höjdmätning med SFM vid ett enskilt mättillfälle.

4. DISKUSSION

Denna studie syftar till att vidare utforska om vindstyrkan kan ha någon påverkan på noggrannheten i höjdmätningen av trädtoppar med SFM från drönarbilder. I studiens resultat jämfördes försöken 1, 2 och 3 mot försök 0 då vindhastigheten var nära 0 m/s. Detta för att se om det finns en statistisk signifikant skillnad i uppmätt höjd med tekniken SFM i olika vindstyrkor med drönarsystemet DJI Phantom 4 RTK. Resultatet visar att det inte fanns en signifikant skillnad i försök 1 då vindhastigheten var 4,2 m/s med vindmax på 8,1 m/s, däremot varierar höjderna mer i försök 2 & 3 när vindhastigheten uppgick till 5,7 m/s med vindbyar på 12,5 m/s.

Variationen är så pass stor i båda försöken att nollhypotesen kan förkastas, vilket betyder att vinden kan påverka noggrannheten vid trädhöjdsättning med SFM. Det kan alltså uppstå en statistiskt signifikant skillnad i uppmätt höjd med fotogrammetriska modeller, gjorda med bilder från drönare i olika vindstyrkor på samma individer. Exakt vid vilken vindstyrka skillnaden mellan mätningarna uppstår är svårare att visa med den data som presenteras i resultatet. Vinden är sällan statisk och varierar både temporalt och spatialt i ett landskap, detta visar försök 2 & 3 som utfördes samma dag med tio minuters mellanrum med samma väderdata. Trots likartade förhållanden finns en signifikant variation mellan de två försöken.

4.1. Försöksdesign

En annan försöksdesign hade kunnat tillämpas för att studera flera faktorer som kan påverka resultatet. Det hade varit intressant att upprepa studiens flyguppdrag flera gånger för att utröna hur stort intervall höjden kan variera inom vid olika vindstyrkor. Genom att få en uppfattning om det intervall som höjdmätningen varierar inom skulle det systematiska felet som kan uppstå extraheras fram för att förbättra framtida skattningar av höjden med tekniken SFM. Denna studie använder sig av ett överlapp på 80/80, men glesare överlapp kan förekomma vilket kan försämra datakvaliteten men snabba på processeringstiden vid skapandet av punktmolnet. Dandois m.fl. (2015) flög i sin studie med varierande överlapp. I deras

resultat visar det sig att tätare överlapp ökar kvaliteten på punktmolnen. Det hade varit intressant att studera om glesare överlapp ger ett liknande resultat som överlappet 80/80 då man ser till vindstyrkans påverkan på noggrannheten i höjdmätningen av trädkronor med SFM.

I den här studien mättes höjden endast på trädslaget gran. Granen valdes som studieobjekt för mätning med SFM då kronan är bestående under vinterhalvåret och för att den har en relativt lättidentifierad konliknande form. Detta gör att granarna blir förhållandevis lätta att urskilja från andra närliggande träd och en variabel färre behövdes tas i beaktning när endast ett trädslag användes. Det hade varit intressant att se om andra trädslag än gran skulle reagera på samma sätt vid liknande vindstyrka och trädhöjd. Kan det vara så att skattningarna blir mer varierande när höjden ska fastställas i ett bestånd med en heterogen trädslagsblandning?

Studien har endast tittat på hur mycket höjdmätningarna med SFM skiljer sig ifrån varandra beroende på vind. Något som inte har undersökts är hur mycket den här höjdmätningen, med och utan vind varierar mot en mer exakt mätmetod. Den sanna höjden av ett träd går att komma nära genom att mäta varje träd med hög precision med hjälp av någon typ av LiDAR-sensor. Mätningen kan ske via flygburen eller landbaserad laserskanning. Genom att utgå från denna mer noggranna höjd, hade det varit möjligt att analysera hur pass avvikande höjdskattningsarna med SFM är gentemot det sanna värdet.

I den här studien användes drönarsystemet DJI Phantom 4 RTK. Resultatet hade kunnat få ett annat utfall med andra drönarsystem som innehar en annan typ av kamera, GPS eller stabilitet i olika vindstyrkor. DJI Phantom 4 RTK valdes då den producerar bilder med relativt hög upplösning.

För att minimera felkällor bör mätningarna utföras då vegetationsperioden är avslutad, alternativt bör mätningarna följa tätt inpå varandra för att undvika att trädets tillväxt påverkar resultatet. De fyra mätningarna utfördes i februari och mars månad vilket är utanför vegetationsperiodens spektrum i Umeå, därför utesluts denna felkälla. Mätningarna utfördes ungefär samma tid på dygnet, mellan klockan 12:00-14:00 under klart väder för att få så likartade förhållanden i solinstrålning som möjligt.

4.2. Väderfaktorer

Insamlingen av data från drönare är mer väderberoende än fältinventering, vid nederbörd går det inte att flyga och vid stark vind samt kallt väder minskar batteritiden hos drönaren. Att skatta kronhöjden när vädret är klart jämfört med

molnigt väder har däremot ingen signifikant skillnad vid mätning med SFM (Dandois m.fl 2015). Detta tyder på att den typ av mätning går att utföra både under klart och molnigt väder. I studien av Dandois m.fl. (2015) hittades även ett svagt men signifikant samband mellan skattning av krontaktshöjd och låga solljusvinklar som förekommer på mornar och eftermiddagar. På grund av de långa skuggor som genereras vid låga solljusvinklar kan det ske en underskattning av krontakshöjden. Det verkar finnas en koppling mellan solljusvinklar och skattning av krontakshöjd med SFM som bör utvärderas mer (Dandois m.fl. 2015).

Dandois m.fl (2015) visade ingen statistiskt signifikant skillnad till följd av vind förutom en mindre skillnad mellan planerad och faktisk flygning i z-led. Kontroll av hur faktisk flygning varierade mot planerad flygning är något den här studien inte har undersökt. Resultatet från den här studien sätter sig dock emot att vinden inte skulle ha någon påverkan. Värt att nämna är dock att de höjdmätningar Dandois m.fl. utförde i sin studie inte baseras på högsta punkten för individuella träd utan medelvärden för ytor på 25x25 meter. Olika mätmetoder skulle kunna vara en anledning till att de får mindre påverkan till följd utav vind än vad denna studie får.

4.2.1. Vindexponering

Beståndet som analyserats är relativt vindexponerat. Många av de observerade träden står nära beståndskanten utan annat vindfång, vilket gör att vinden får god kontakt med dessa träd. Fler försök bör göras mer centralt i större bestånd för att minimera eventuell effekt från kantträd och för att undersöka hur höjdmätningen med SFM varierar med vindstyrkan under sådana förhållanden.

4.2.2. Vindbyar

Studien har samlat in data under vindhastigheter mellan 0,7 - 5,7 m/s och med vindmax mellan 1,8 – 12,5 m/s. Det kan givetvis förekomma vindhastigheter som överstiger de som användes i försöken. Vidare hade det varit intressant att utforska högre vindhastigheter för att se hur stora avvikelser som skulle kunna uppstå. Datat kan eventuellt bli mer svårtolkat ifall kvaliteten på punktmolnet sjunker så pass mycket med många trädtoppar som "kollapsar". Det hade också varit intressant att undersöka mer ingående hur vindbyar påverkar resultatet. Kan drönaren stabilisera sig då vindhastigheten är relativt konstant eller kan även oregelbundenheten i vinden påverka drönarens stabilitet och därmed punktmolnets kvalitet?

4.3. Slutsatser

Resultatet i den här studien bär med sig en viss praktisk signifikans, då den visar att mätningen av trädhöjd med drönare kan påverkas av vinden. Detta betyder att vid planering av flygning med drönare för den här typen av uppdrag bör en fundera över hur mycket vinden kommer att påverka den data som blir producerad. Det faktum att signifikant skillnad kunde uppstå redan vid 5,7 m/s innebär att vind kan ha påverkat och kommer att påverka mycket av den data som erhålls vid stereofotogrammetrisk höjdmätning med drönarbilder. Om flyguppdrag utförs trots stark vind bör detta finnas med som potentiell felkälla.

De slutsatser som går att dra av resultatet i den här studien är att vinden kan påverka noggrannheten vid trädhöjdmätning och att hur mycket vinden påverkar vid en viss vindstyrka inte med säkerhet kan avgöras utifrån studiens resultat. Vid försök 1, 2 och 3 är vindhastigheten betydligt starkare än vid försök 0. Punkterna är därför mer samlade i försök 0 och avbildar träden med tätare punkter än vid de andra försöken där punkterna ser ut att vara mer påverkade av vinden. Vissa trädtoppar "kollapsar" till följd av att mindre antal punkter registrerats i trädkronorna. Detta skulle kunna vara en anledning till att höjderna systematiskt underskattas i försök 1, 2 och 3.

5. REFERENSER

- Banu, T.P, Borlea, G.F & Banu, C. (2016). *The Use of Drones in Forestry*. Journal of Environmental Science and Engineering B, vol 5, pp. 557-562. DOI: 10.17265/2162- 5263/2016.11.007
- Guerra-Hernández, J., Cosenza, D.N., Rodriguez, L.C.E., Silva, M., Tomé, M., Díaz-Varela, R.A. & González-Ferreiro, E. (2018). *Comparison of ALS- and UAV(SfM)-derived high-density point clouds for individual tree detection in Eucalyptus plantations*. International Journal of Remote Sensing, vol. 39 (15-16), pp. 5211–5235 Taylor & Francis. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1486519>
- Institutionen för tillämpad fysik och elektronik. Umeå Universitet (TFE:s väderstation), <http://www8.tfe.umu.se/weatherold/index.asp>
- Jonathan P. Dandois, Marc Olano & Erle C. Ellis (2015). *Optimal Altitude, Overlap, and Weather Conditions for Computer Vision UAV Estimates of Forest Structure*. Remote Sensing, vol. 7 (10), pp. 13895-13920 MDPI AG. Tillgänglig: <https://doi.org/10.3390/rs71013895> [2020-02-25]
- Lantmäteriet. (2020). *Digitala flygbilder* Tillgänglig: <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukter/produktlista/digitala-flygbilder/> [2020-03-03]
- Nationalecyklopedin. (2020). *Fjärranalys*. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/fjärranalys> [2020-03-09]
- Nordkvist, K., Sandström, E., Reese, H. & Olsson, H. (2013). *Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket*. 2. uppl. Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.
- Nämnden för skoglig fjärranalys & Sverige. Skogsstyrelsen, 1993. Flygbildsteknik och fjärranalys. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Siebert, S. & Teizer, J. (2014). *Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system*. Automation in Construction, vol. 41, pp. 1–14 Elsevier B.V.

- Sveaskog (2018). *På upptäcktsfärd med drönare*. Tillgänglig: <https://www.sveaskog.se/press-och-nyheter/nyheter-och-pressmeddelanden/2018/pa-upptacktsfard-med-dronare/> [2020-03-10]
- Sveriges lantbruksuniversitet (2016). *Skoglig fjärranalys*. Sveriges lantbruksuniversitet. Ljunbergskompendiet. version 1.0 (Kompendium 2016) Tillgänglig: http://www.rslab.se/wp-content/uploads/2019/03/skoglig_fjarranalys_v1_0_161211.pdf [2020-02-25]
- Skogforsk. (2018). *Skogliga skattningar med fjärranalys och skördardata. Arbetsrapport*. ARBETSRAPPORT 997- 2018. https://www.skogforsk.se/cd_20190114162830/contentassets/e9dd7ea8f2e84b1a8f8bf52da606ede9/arbetsrapport-997-2018.pdf
- Skogsstyrelsen. Produktbeskrivning: Skogliga grunddata. Dokumentversion 1. [2019-10-31]. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/sjalvservice/karttjanster/skogliga-grunddata/produktbeskrivning-skogliga-grunddata-20191031.pdf>
- Stefano Puliti, Hans Ole Ørka, Terje Gobakken & Erik Næsset (2015). *Inventory of Small Forest Areas Using an Unmanned Aerial System*. Remote Sensing, vol. 7 (8), pp. 9632–9654 MDPI AG. DOI: HYPERLINK <https://doi.org/10.3390/rs70809632>
- Tang, L. & Shao, G. (2015). *Drone remote sensing for forestry research and practices*. Journal of Forestry Research, vol. 26 (4), pp. 791–797 Harbin: Northeast Forestry University.

BILAGA 1

Den data som använts i studien

Flygning, j	Provyta, i	Trädnummer, n	Topphöjd, T	Markhöjd, M	Trädhöjd, H	Vindstyrka, V	Vindmax, VM
1	1	1	52,572	26,683	25,889	0,688	1,774
1	1	2	52,04	27,679	24,361	0,688	1,774
1	1	3	48,935	26,714	22,221	0,688	1,774
1	1	4	50,184	27,379	22,805	0,688	1,774
1	1	5	56,704	28,008	28,696	0,688	1,774
1	1	6	48,273	26,887	21,386	0,688	1,774
1	1	7	46,579	27,744	18,835	0,688	1,774
1	1	8	52,755	29,928	22,827	0,688	1,774
1	1	9	49,121	26,705	22,416	0,688	1,774
1	1	10	52,789	28,63	24,159	0,688	1,774
1	1	11	58,29	30,107	28,183	0,688	1,774
1	1	12	55,864	29,032	26,832	0,688	1,774
1	1	13	50,34	26,708	23,632	0,688	1,774
1	1	14	50,359	27,344	23,015	0,688	1,774
1	1	15	52,904	27,986	24,918	0,688	1,774
1	1	16	52,544	29,393	23,151	0,688	1,774
1	1	17	55,02	29,841	25,179	0,688	1,774
1	1	18	57,294	31,504	25,79	0,688	1,774
1	1	19	56,395	30,881	25,514	0,688	1,774
1	1	20	52,227	29,721	22,506	0,688	1,774
1	1	21	50,174	27,84	22,334	0,688	1,774
1	1	22	56,921	32,969	23,952	0,688	1,774
1	1	23	53,719	30,751	22,968	0,688	1,774
1	1	24	51,744	29,297	22,447	0,688	1,774
1	1	25	54,105	29,443	24,662	0,688	1,774
1	1	26	55,799	31,287	24,512	0,688	1,774
1	1	27	51,906	28,875	23,031	0,688	1,774
1	1	28	56,083	31,587	24,496	0,688	1,774
1	1	29	58,45	31,844	26,606	0,688	1,774
1	1	30	57,669	32,581	25,088	0,688	1,774

1	2	1	49,042	30,315	18,727	0,688	1,774
1	2	2	49,128	30,282	18,846	0,688	1,774
1	2	3	48,132	30,558	17,574	0,688	1,774
1	2	4	50,628	30,611	20,017	0,688	1,774
1	2	5	49,962	30,232	19,73	0,688	1,774
1	2	6	48,713	30,462	18,251	0,688	1,774
1	2	7	48,334	30,563	17,771	0,688	1,774
1	2	8	48,225	30,629	17,596	0,688	1,774
1	2	9	48,417	30,734	17,683	0,688	1,774
1	2	10	49,117	30,841	18,276	0,688	1,774
1	2	11	49,002	30,921	18,081	0,688	1,774
1	2	12	50,426	30,862	19,564	0,688	1,774
1	2	13	49,779	30,976	18,803	0,688	1,774
1	2	14	48,694	30,979	17,715	0,688	1,774
1	2	15	49,527	31,246	18,281	0,688	1,774
1	2	16	49,569	31,058	18,511	0,688	1,774
1	2	17	48,16	30,994	17,166	0,688	1,774
1	2	18	50,045	31,454	18,591	0,688	1,774
1	2	19	49,085	31,35	17,735	0,688	1,774
1	2	20	49,282	31,187	18,095	0,688	1,774
1	2	21	48,751	31,334	17,417	0,688	1,774
1	2	22	48,227	31,4	16,827	0,688	1,774
1	2	23	50,286	31,521	18,765	0,688	1,774
1	2	24	48,598	31,919	16,679	0,688	1,774
1	2	25	48,472	31,598	16,874	0,688	1,774
1	2	26	48,025	31,221	16,804	0,688	1,774
1	2	27	47,343	31,668	15,675	0,688	1,774
1	2	28	48,993	31,932	17,061	0,688	1,774
1	2	29	47,948	32,285	15,663	0,688	1,774
1	2	30	48,721	32,394	16,327	0,688	1,774
2	1	1	52,455	26,638	25,817	4,168	8,13
2	1	2	51,598	27,748	23,85	4,168	8,13
2	1	3	48,794	26,688	22,106	4,168	8,13
2	1	4	50,325	27,376	22,949	4,168	8,13
2	1	5	56,492	28,006	28,486	4,168	8,13
2	1	6	47,883	27,051	20,832	4,168	8,13
2	1	7	45,815	27,709	18,106	4,168	8,13
2	1	8	52,881	29,896	22,985	4,168	8,13
2	1	9	46,435	26,771	19,664	4,168	8,13
2	1	10	52,599	28,658	23,941	4,168	8,13
2	1	11	58,612	30,133	28,479	4,168	8,13
2	1	12	55,662	29,053	26,609	4,168	8,13
2	1	13	49,553	26,782	22,771	4,168	8,13

2	1	14	50,472	27,353	23,119	4,168	8,13
2	1	15	52,885	28,032	24,853	4,168	8,13
2	1	16	51,542	29,475	22,067	4,168	8,13
2	1	17	55,725	29,837	25,888	4,168	8,13
2	1	18	56,39	31,522	24,868	4,168	8,13
2	1	19	56,487	30,871	25,616	4,168	8,13
2	1	20	52,281	29,779	22,502	4,168	8,13
2	1	21	50,048	27,687	22,361	4,168	8,13
2	1	22	55,987	32,968	23,019	4,168	8,13
2	1	23	53,777	30,754	23,023	4,168	8,13
2	1	24	51,664	29,294	22,37	4,168	8,13
2	1	25	53,999	29,478	24,521	4,168	8,13
2	1	26	56,158	31,334	24,824	4,168	8,13
2	1	27	52,173	28,878	23,295	4,168	8,13
2	1	28	56	31,578	24,422	4,168	8,13
2	1	29	58,081	31,875	26,206	4,168	8,13
2	1	30	58,176	32,588	25,588	4,168	8,13
2	2	1	49,112	30,323	18,789	4,168	8,13
2	2	2	49,214	30,285	18,929	4,168	8,13
2	2	3	48,322	30,57	17,752	4,168	8,13
2	2	4	50,638	30,627	20,011	4,168	8,13
2	2	5	50,186	30,247	19,939	4,168	8,13
2	2	6	48,821	30,467	18,354	4,168	8,13
2	2	7	48,187	30,542	17,645	4,168	8,13
2	2	8	48,304	30,635	17,669	4,168	8,13
2	2	9	48,121	30,754	17,367	4,168	8,13
2	2	10	49,059	30,836	18,223	4,168	8,13
2	2	11	49,135	30,92	18,215	4,168	8,13
2	2	12	50,466	30,867	19,599	4,168	8,13
2	2	13	49,85	30,983	18,867	4,168	8,13
2	2	14	48,545	30,978	17,567	4,168	8,13
2	2	15	49,87	31,247	18,623	4,168	8,13
2	2	16	49,562	31,069	18,493	4,168	8,13
2	2	17	48,271	31,003	17,268	4,168	8,13
2	2	18	50,219	31,386	18,833	4,168	8,13
2	2	19	49,05	31,268	17,782	4,168	8,13
2	2	20	49,084	31,125	17,959	4,168	8,13
2	2	21	48,814	31,294	17,52	4,168	8,13
2	2	22	48,36	31,382	16,978	4,168	8,13
2	2	23	50,065	31,49	18,575	4,168	8,13
2	2	24	48,264	31,891	16,373	4,168	8,13
2	2	25	48,217	31,572	16,645	4,168	8,13
2	2	26	48,239	31,218	17,021	4,168	8,13

2	2	27	47,095	31,633	15,462	4,168	8,13
2	2	28	49,136	31,921	17,215	4,168	8,13
2	2	29	47,565	32,291	15,274	4,168	8,13
2	2	30	48,336	32,377	15,959	4,168	8,13
3	1	1	50,497	26,685	23,812	5,7	12,5
3	1	2	50,529	27,706	22,823	5,7	12,5
3	1	3	46,3	26,879	19,421	5,7	12,5
3	1	4	48,36	27,499	20,861	5,7	12,5
3	1	5	55,015	28,09	26,925	5,7	12,5
3	1	6	47,037	27,249	19,788	5,7	12,5
3	1	7	45,021	27,879	17,142	5,7	12,5
3	1	8	51,165	29,977	21,188	5,7	12,5
3	1	9	47,717	26,828	20,889	5,7	12,5
3	1	10	51,713	28,775	22,938	5,7	12,5
3	1	11	57,219	30,217	27,002	5,7	12,5
3	1	12	54,47	29,145	25,325	5,7	12,5
3	1	13	48,959	26,878	22,081	5,7	12,5
3	1	14	49,358	27,476	21,882	5,7	12,5
3	1	15	51,98	28,097	23,883	5,7	12,5
3	1	16	51,851	29,471	22,38	5,7	12,5
3	1	17	53,458	29,974	23,484	5,7	12,5
3	1	18	56,469	31,788	24,681	5,7	12,5
3	1	19	56,034	31,05	24,984	5,7	12,5
3	1	20	51,474	29,952	21,522	5,7	12,5
3	1	21	50,76	27,92	22,84	5,7	12,5
3	1	22	56,432	33,055	23,377	5,7	12,5
3	1	23	53,113	30,86	22,253	5,7	12,5
3	1	24	50,94	29,445	21,495	5,7	12,5
3	1	25	53,547	29,634	23,913	5,7	12,5
3	1	26	55,693	31,449	24,244	5,7	12,5
3	1	27	51,393	28,966	22,427	5,7	12,5
3	1	28	55,429	31,716	23,713	5,7	12,5
3	1	29	57,812	31,971	25,841	5,7	12,5
3	1	30	57,158	32,695	24,463	5,7	12,5
3	2	1	47,733	30,367	17,366	5,7	12,5
3	2	2	48,356	30,3	18,056	5,7	12,5
3	2	3	47,236	30,573	16,663	5,7	12,5
3	2	4	49,107	30,666	18,441	5,7	12,5
3	2	5	48,596	30,315	18,281	5,7	12,5
3	2	6	47,322	30,503	16,819	5,7	12,5
3	2	7	47,353	30,58	16,773	5,7	12,5
3	2	8	46,116	30,76	15,356	5,7	12,5
3	2	9	46,634	30,779	15,855	5,7	12,5

3	2	10	47,874	30,9	16,974	5,7	12,5
3	2	11	49,153	30,936	18,217	5,7	12,5
3	2	12	49,773	31,023	18,75	5,7	12,5
3	2	13	48,657	31,117	17,54	5,7	12,5
3	2	14	47,585	31,079	16,506	5,7	12,5
3	2	15	48,264	31,36	16,904	5,7	12,5
3	2	16	48,736	31,093	17,643	5,7	12,5
3	2	17	47,176	30,988	16,188	5,7	12,5
3	2	18	49,026	31,45	17,576	5,7	12,5
3	2	19	48,1	31,37	16,73	5,7	12,5
3	2	20	47,954	31,267	16,687	5,7	12,5
3	2	21	48,033	31,399	16,634	5,7	12,5
3	2	22	47,567	31,436	16,131	5,7	12,5
3	2	23	48,92	31,567	17,353	5,7	12,5
3	2	24	47,847	31,967	15,88	5,7	12,5
3	2	25	47,656	31,746	15,91	5,7	12,5
3	2	26	47,205	31,324	15,881	5,7	12,5
3	2	27	46,346	31,753	14,593	5,7	12,5
3	2	28	47,196	32,026	15,17	5,7	12,5
3	2	29	46,003	32,355	13,648	5,7	12,5
3	2	30	47,658	32,422	15,236	5,7	12,5
4	1	1	49,917	26,763	23,154	5,7	12,5
4	1	2	50,514	27,837	22,677	5,7	12,5
4	1	3	46,946	26,888	20,058	5,7	12,5
4	1	4	48,941	27,594	21,347	5,7	12,5
4	1	5	54,946	28,163	26,783	5,7	12,5
4	1	6	46,685	27,501	19,184	5,7	12,5
4	1	7	45,398	28,067	17,331	5,7	12,5
4	1	8	52,225	30,198	22,027	5,7	12,5
4	1	9	47,881	26,861	21,02	5,7	12,5
4	1	10	52,335	28,796	23,539	5,7	12,5
4	1	11	58	30,223	27,777	5,7	12,5
4	1	12	55,842	29,17	26,672	5,7	12,5
4	1	13	50,372	27,023	23,349	5,7	12,5
4	1	14	49,876	27,636	22,24	5,7	12,5
4	1	15	52,71	28,209	24,501	5,7	12,5
4	1	16	51,673	29,546	22,127	5,7	12,5
4	1	17	53,886	30,188	23,698	5,7	12,5
4	1	18	57,307	31,922	25,385	5,7	12,5
4	1	19	56,833	31,139	25,694	5,7	12,5
4	1	20	52,53	30,052	22,478	5,7	12,5
4	1	21	50,696	28,032	22,664	5,7	12,5
4	1	22	56,796	33,047	23,749	5,7	12,5

4	1	23	54,014	30,985	23,029	5,7	12,5
4	1	24	51,726	29,626	22,1	5,7	12,5
4	1	25	54,629	29,821	24,808	5,7	12,5
4	1	26	55,618	31,663	23,955	5,7	12,5
4	1	27	52,512	29,132	23,38	5,7	12,5
4	1	28	56,825	31,906	24,919	5,7	12,5
4	1	29	58,548	32,001	26,547	5,7	12,5
4	1	30	58,296	32,741	25,555	5,7	12,5
4	2	1	48,404	30,379	18,025	5,7	12,5
4	2	2	49,104	30,291	18,813	5,7	12,5
4	2	3	47,916	30,547	17,369	5,7	12,5
4	2	4	50	30,661	19,339	5,7	12,5
4	2	5	50,38	30,309	20,071	5,7	12,5
4	2	6	48,629	30,488	18,141	5,7	12,5
4	2	7	47,951	30,629	17,322	5,7	12,5
4	2	8	47,083	30,699	16,384	5,7	12,5
4	2	9	49,04	30,805	18,235	5,7	12,5
4	2	10	48,442	30,935	17,507	5,7	12,5
4	2	11	48,336	30,977	17,359	5,7	12,5
4	2	12	50,568	31,047	19,521	5,7	12,5
4	2	13	49,817	31,202	18,615	5,7	12,5
4	2	14	48,641	31,267	17,374	5,7	12,5
4	2	15	49,181	31,458	17,723	5,7	12,5
4	2	16	49,195	31,245	17,95	5,7	12,5
4	2	17	47,166	30,997	16,169	5,7	12,5
4	2	18	50,11	31,515	18,595	5,7	12,5
4	2	19	48,285	31,462	16,823	5,7	12,5
4	2	20	49,161	31,373	17,788	5,7	12,5
4	2	21	48,692	31,448	17,244	5,7	12,5
4	2	22	47,896	31,531	16,365	5,7	12,5
4	2	23	49,59	31,7	17,89	5,7	12,5
4	2	24	48,581	32,057	16,524	5,7	12,5
4	2	25	47,569	31,865	15,704	5,7	12,5
4	2	26	48,998	31,395	17,603	5,7	12,5
4	2	27	47,583	31,892	15,691	5,7	12,5
4	2	28	48,119	32,019	16,1	5,7	12,5
4	2	29	47,237	32,404	14,833	5,7	12,5
4	2	30	48,238	32,479	15,759	5,7	12,5